

Einfluss von Qualitätsoptimierungsmaßnahmen auf die Oberfläche freier Schnittkanten und deren Schwingfestigkeit

P. Diekhoff, Th. Nitschke-Pagel und K. Dilger,

Institut für Füge- und Schweißtechnik, Technische Universität Braunschweig

p.diekhoff@tu-braunschweig.de

Abstract

Der Einsatz von unterschiedlichen Schneidverfahren in der metallverarbeitenden Industrie ist weit verbreitet. Neben den Schweißnähten gewinnen freie Schnittkanten als potentielle Rissausgangsorte zunehmend an technischer und wirtschaftlicher Relevanz. Durch den Einsatz von verschiedenen Schneidverfahren kommt es zu unterschiedlicher Schnittkantenqualität, die Einfluss auf die Schwingfestigkeit hat. In dieser Untersuchung wurden Schwingfestigkeitsversuche an 8 mm dicken Proben aus S355M sowie S690Q durchgeführt. Dabei wurde das autogene Brenn-, das Plasma-, das Laserstrahl- sowie das Wasserstrahlschneiden eingesetzt. Außerdem wurden Qualitätsoptimierungsmaßnahmen angewendet und die Schnittfläche anhand der Oberflächenrauheit nach ISO 9013 charakterisiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schneidverfahren Einfluss auf die Schwingfestigkeit haben. Wasserstrahlgeschnittenen Proben zeigen die besten Schwingfestigkeitsergebnisse. Die qualitätsoptimierenden Maßnahmen können zur Schwingfestigkeitsverbesserungen führen. Diese korrelieren jedoch nicht immer mit einer Verbesserung der Schnittflächenqualität nach ISO 9013.

1 Einleitung

Der Einsatz von höherfesten Stählen gewinnt durch das Interesse an effektiven leichten Stahlkonstruktionen immer mehr an Bedeutung. Bei der Auslegung von Schweißkonstruktionen wird die schwingfestigkeitsreduzierende Wirkung der Schweißnähte frühzeitig berücksichtigt. Durch die ermüdungsgerechte Anordnung der Schweißnähte und die Anwendung praxisüblicher Nachbehandlungen, wie beispielsweise das Kugelstrahlen, gewinnen konkurrierende Kerbstellen, wie freie Schnittkanten, zunehmend technische und wirtschaftliche Relevanz.

Thermische Schneidverfahren erzeugen je nach Prozess und verwendeter Schneidparameter unterschiedliche Ausführungsqualitäten an der Schnittkante. Die Anforderung

an die Ausführungsqualität der Bauteile wird nach EN 1090 [1] bzw. ISO 9013 [2] festgelegt und wird in Bezug auf die Schwingfestigkeit hauptsächlich durch die gemittelte Rautiefe R_{z5} bestimmt. In der ISO 9013 wird die Oberflächenqualität in 4 Bereiche unterteilt, 1: $R_{z5} < 14,8 \mu\text{m}$, 2: $R_{z5} < 46,8 \mu\text{m}$, 3: $R_{z5} < 79,6 \mu\text{m}$, 4: $R_{z5} < 124,4 \mu\text{m}$. Dabei ist der Nachweis von Qualitätsbereich 3 aus der EN ISO 9013 für die beste Ausführungsklasse nach der EN 1090 (EXC4) ausreichend.

Um die Qualität an den thermischen Schnittkanten zu erhöhen, kommen unterschiedliche Nachbehandlungsverfahren zum Einsatz, wie das Reinigungsstrahlen, Kantenbrechen oder Schleifen. Alternativ wird die Verbesserung durch eine Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit realisiert. Diese Maßnahmen sind jedoch mit einem weiteren Arbeitsschritt verbunden und erzeugen weitere Kosten.

Bei der Bemessung von zyklisch belasteten Baukonstruktionen wird der Eurocode 3, DIN EN 1993–1–9 [3], bzw. die internationalen IIW-Empfehlungen [4], herangezogen. In den Empfehlungen werden die unterschiedlichen Konstruktionsdetails in FAT-Klassen eingeordnet. Diese beschreiben die zulässige Spannungsschwingbreite bei zwei Millionen Lastwechseln und einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 97,7%. Freie thermische Schnittkanten werden in vier verschiedenen FAT-Klassen eingeteilt, (FAT 80, FAT 100, FAT 125 & FAT 140).

Dieser Beitrag widmet sich der experimentellen Ermittlung der Schwingfestigkeit freier Schnittkanten aus S355M sowie S690Q. Dabei soll der Einfluss der Schnittkantenqualität auf die Schwingfestigkeit ermittelt werden. Die Schnittkantenqualität wurde durch die Verwendung unterschiedlicher Schneidverfahren, verschiedener Schneidgeschwindigkeiten sowie Verwendung von Nachbehandlungsverfahren variiert.

2 Versuchsbeschreibung

2.1 Probengeometrie

Untersucht wurde die Schwingfestigkeit an Schulterproben, die mittels unterschiedlicher Schneidverfahren hergestellt wurden. Dabei kamen das autogene Brenn-, das Plasma-, das Laserstrahl sowie das Wasserstrahlschneiden zum Einsatz. Neben der Überprüfung von komplett unbehandelten Schnittkanten wurden auch qualitätsoptimierende Maßnahmen angewendet (Reinigungsstrahlen, Bandschleifen und Schneidgeschwindigkeitsreduzierung). Die uniaxiale Probengeometrie ist identische mit der aus vorherigen Arbeiten [5] und in Abb.1 dargestellt. Dabei entspricht 20 mm der Länge des kleinsten Probenquerschnitts mittig der Probe. Getestet wurden sowohl ein

thermomechanisch gewalzter Feinkornbaustahl (S355M) als auch ein hochfester Stahl (S690Q) in der Blechdicke von 8 mm.

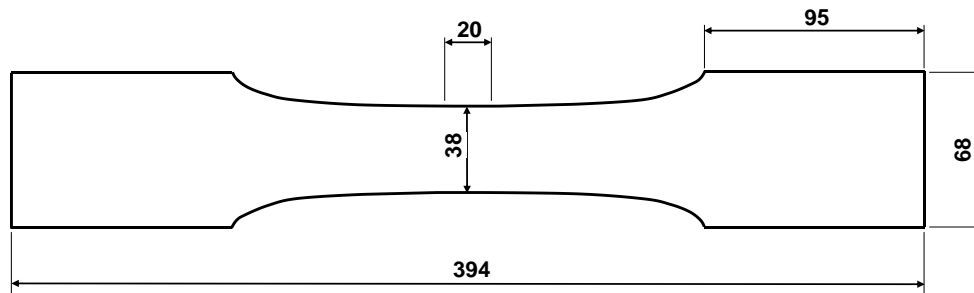


Abb.1: Probengeometrie Schulterprobe (in mm)

Tab.2 zeigt die mechanischen Eigenschaften der Materialien. Die chemische Zusammensetzung des S355M sowie des S690Q ist in Tab.3 zu sehen.

Tab.2: Materialparameter

Material	Streckgrenze R_{eH} [MPa]	Zugfestigkeit R_m [MPa]	Bruchdehnung [%]
S355M (3 Probenumfang)	384–410	480–509	28–31
S690Q (3 Probenumfang)	804–836	864–880	14–15

Tab.3: Chemische Zusammensetzung

Material	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Ti	Al	N	Nb	CEV
S355M	0,07	1,27	0,01	0,01	0,01	0,02	0,012	0,015	0,004	0,01	0,001	0,05	0,004	0,02	0,284
S690Q	0,09	1,03	0,2	0,01	0,003	0,02	0,03	0,313	0,194	0,001	0,003	0,1	0,004	0,03	0,367

2.2 Oberflächenzustand der Schnittkante

Zur Bestimmung des Oberflächenzustands wurden makroskopische Topografieaufnahmen sowie Oberflächenrauheitsprofile an der Schnittfläche aufgenommen. Die Rauheitsmessungen wurden dabei in Anlehnung an die ISO 4288 durchgeführt [6]. Mit Hilfe des mobilen Oberflächenmessgeräts MarSurf M 400 wurden die Messungen mittels Tastschnittverfahren über eine Länge von 17,5 mm durchgeführt. Dabei wird die maximale Differenz zwischen der Profilspitze und dem Profiltal von fünf Einzelmessstrecken gemittelt. Die gemittelte Rautiefe berechnet sich dabei wie folgt: [7]

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_z(i) \quad (2.1)$$

2.3 Schwingfestigkeitsuntersuchungen

Alle Schwingfestigkeitsuntersuchungen wurden an einer servohydraulischen 250 kN Prüfmaschine mit konstanter Amplitude (CAL) im Zugschwellbereich bei einem Spannungsverhältnis von $R = 0.1$ durchgeführt. Die Untersuchungen wurden nach der DIN 50100 ausgewertet [8]. Die Schwingfestigkeiten wurden für Lastspielzahlen von 1×10^6 bis 5×10^6 bestimmt. Der Versuch endet mit dem Bruch der Probe. Nach fünf Millionen Lastwechseln wird die Probe als Durchläufer definiert. Das Versuchsprogramm ist in Tab.5 abgebildet.

Tab.5: Versuchsprogramm der Schwingfestigkeitsuntersuchungen

Nr.	Material	Schneidverfahren (Qualitätsverbesserung): Schneidgeschwindigkeit [m/min]	R	Testtyp	Anzahl Proben
1	S355M	Autogen: 0.60	0.1	CAL	12
2	S355M	Autogen (gestrahlt): 0.60	0.1	CAL	14
3	S355M	Plasma: 3.42	0.1	CAL	13
4	S355M	Plasma (geschliffen): 3.42	0.1	CAL	13
5	S355M	Laser: 0.90	0.1	CAL	10
6	S355M	Laser (Vorschub reduziert): 1.10	0.1	CAL	9
7	S355M	Wasserstrahl: 0.22	0.1	CAL	11
8	S355M	Wasserstrahl (Vorschub reduziert): 0.07	0.1	CAL	10
9	S690Q	Autogen: 0.60	0.1	CAL	13
10	S690Q	Autogen (geschliffen): 0.60	0.1	CAL	13
11	S690Q	Plasma: 3.42	0.1	CAL	9
12	S690Q	Laser: 0.90	0.1	CAL	13
13	S690Q	Laser (Vorschub gering): 1.10	0.1	CAL	12
14	S690Q	Wasserstrahl: 0.22	0.1	CAL	11
15	S690Q	Wasserstrahl (Vorschub gering): 0.07	0.1	CAL	13

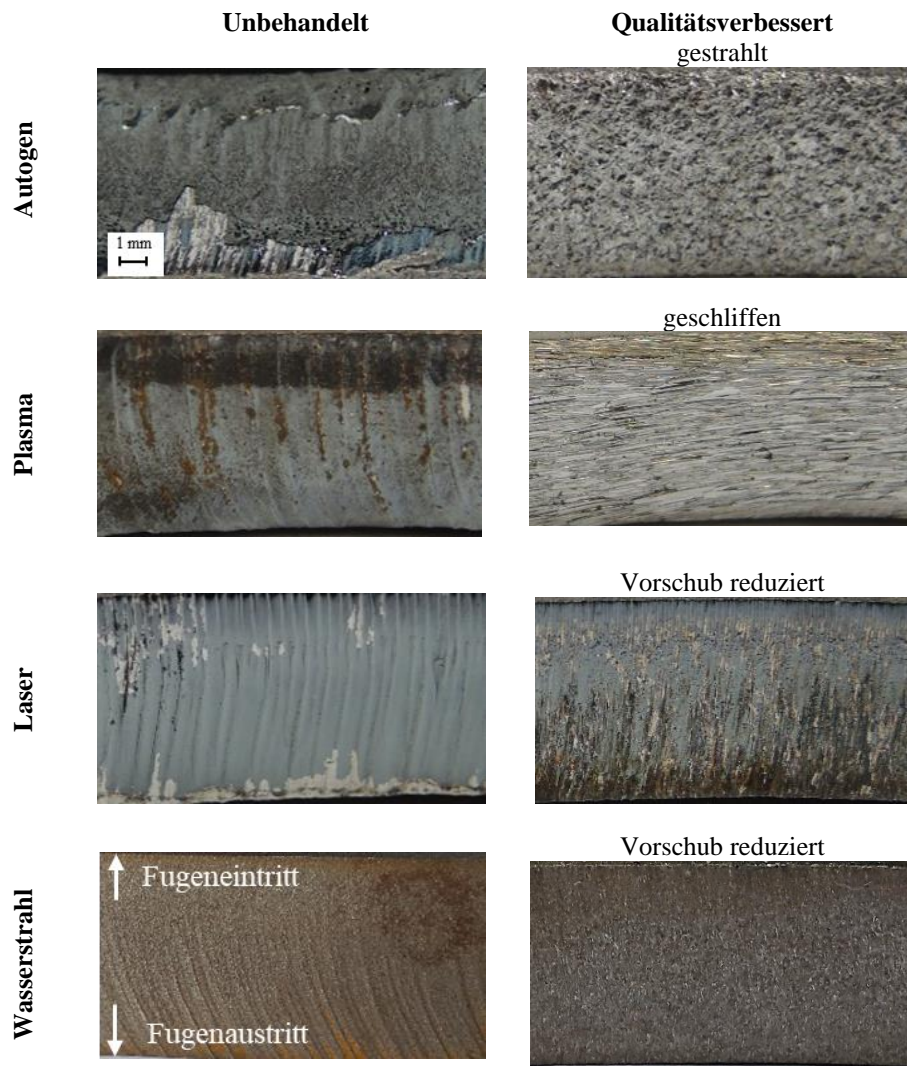
3 Ergebnisse

3.1 Oberfläche der Schnittkante sowie deren Rautiefenmessung

In Tab.4 sind die makroskopischen Aufnahmen der Oberflächentopografie der Schnittflächen zusammengefasst. Es wurden unbehandelte Schnittkanten überprüft und qualitätsoptimierte Proben. Das Reinigungsstrahlen wurde beim autogenen Brennschneiden (S355M) und das Bandschleifen sowohl beim Plasmaschneiden (S355M) als auch beim autogenen Brennschneiden (S690Q) angewendet. Eine Verbesserung der Oberfläche durch Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit wurde beim Laser- und Wasserstrahlschneiden erzeugt. Die Qualitätsunterschiede sind bereits makroskopisch

sichtbar. An unbehandelten autogenen Brennschnittkanten sind Schlacke- und Zunderanhaftungen sichtbar.

Tab.4: Makroskopische Aufnahme der Oberflächentopografie der Schnittfläche am Beispiel des S355M



Folgende Parameter wurden mit dem Oberflächenmessgerät bestimmt: Gemittelte Rautiefe R_z , arithmetischer Mittenrauwert R_a und maximale Rautiefe R_{max} . Die Ergebnisse sind in Tab.6 zusammengefasst. Hinter der gemittelten Rautiefe sind außerdem die unterschiedlichen Qualitätsbereiche nach der ISO 9013 angegeben. Grafisch sind die Rautiefenmessungen mit den zugehörigen Qualitätsklassen außerdem in Abb. 2 dargestellt.

Alle Schnittflächen können in die Qualitätsbereiche 2 und 3 eingeordnet werden. Das Plasmaschneiden erzeugt die besten Qualitäten in Bezug auf die Rautiefe. Autogen-

brennschnitte liegen zwischen Bereich 2 – 3. Dabei zeigt sich keine Verbesserung durch Nachbehandlung der Proben. Laser- sowie Wasserstrahlproben weisen dagegen signifikante Unterschiede abhängig von der Schneidgeschwindigkeit auf. Die gemessenen Rautiefen liegen in Bereich 3 (unbehandelt) sowie in Bereich 2 (Vorschub reduziert).

Tab.6: Zusammenfassung der Oberflächenrautiefenmessung

Nr.	Material	Schneidverfahren	R _z (Qualitätsbereich nach ISO 9013) [µm]	R _a [µm]	R _{max} [µm]
1	S355M	Autogen:	27-66 (2-3)	5-12	40-76
2	S355M	Autogen (bestrahlt):	43-62 (3)	7-11	47-89
3	S355M	Plasma:	17-35 (2)	3-6	19-34
4	S355M	Plasma (geschliffen):	25-36 (2)	4-7	33-58
5	S355M	Laser:	60-73 (3)	11-14	71-103
6	S355M	Laser (Vorschub gering)	33-41 (2)	4-5	43-50
7	S355M	Wasserstrahl	63-97 (3-4)	12-18	76-129
8	S355M	Wasserstrahl (Vorschub gering)	29-37 (2)	4-5	34-45
9	S690Q	Autogen	22-51 (2-3)	4-9	26-62
10	S690Q	Autogen (geschliffen)	32-48 (2-3)	6-10	44-64
11	S690Q	Plasma	18-27 (2)	4-7	20-36
12	S690Q	Laser	46-70 (3)	9-13	53-102
13	S690Q	Laser (Vorschub gering)	27-37 (2)	5-6	32-43
14	S690Q	Wasserstrahl	58-73 (3)	11-14	68-96
15	S690Q	Wasserstrahl (Vorschub gering)	28-35 (2)	4-5	32-45

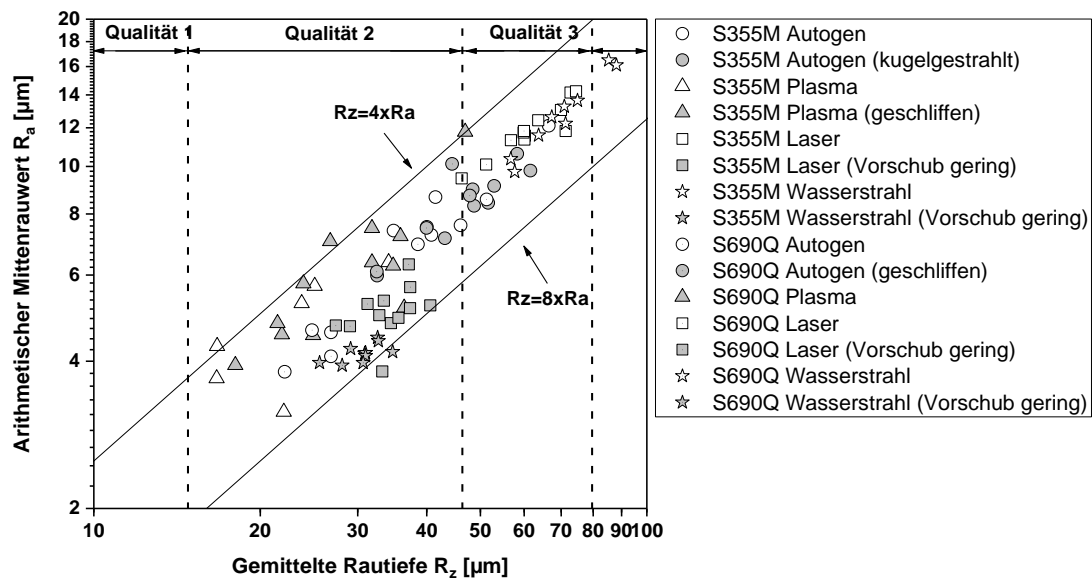


Abb. 2: Arithmetischer Mittenrauwert über der gemittelten Rautiefe sämtlicher Versuchsreihen unter Angabe des Qualitätsbereichs nach ISO 9013

3.2 Schwingfestigkeitsergebnisse

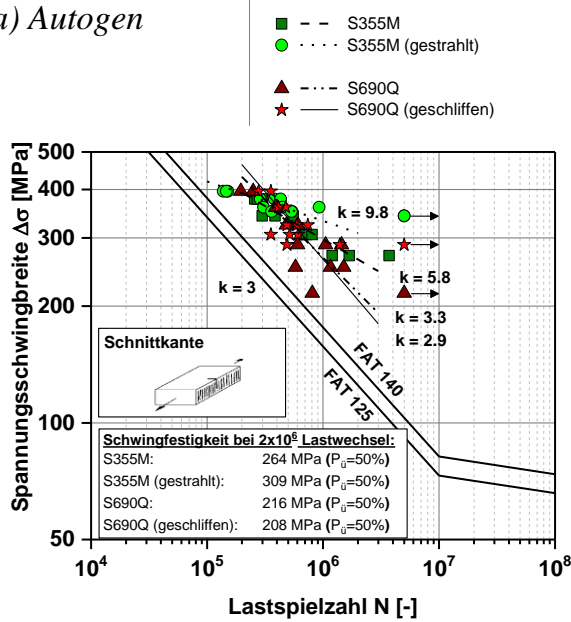
Die Schwingfestigkeitsergebnisse sind in Tab.7 zusammengefasst. Diese umfasst außerdem Ergebnisse aus vorherigen Studien. Dargestellt ist die Neigung der Wöhlerline (WL), der Lageparameter Log C, die Standardabweichung Stabw., die Schwingfestigkeit bei 2 Millionen Lastwechseln und eine Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_{\bar{U}} = 50\%$, sowie von $P_{\bar{U}} = 97,7\%$ umgerechnet mit dem normierten Streuband von Haibach sowie die Rissausgangsorte (Schnittfläche/Kante/Walzoberfläche). Die Analyse der Wöhlerlinienfunktion: $\log N = \log C - k \log \Delta \sigma$ basiert auf linearer Regression in Richtung der Lastspielzahl N.

Tab.7: Zusammenfassung der Schwingfestigkeitsergebnisse im Vergleich mit zuvor gemachten Ergebnissen [5]

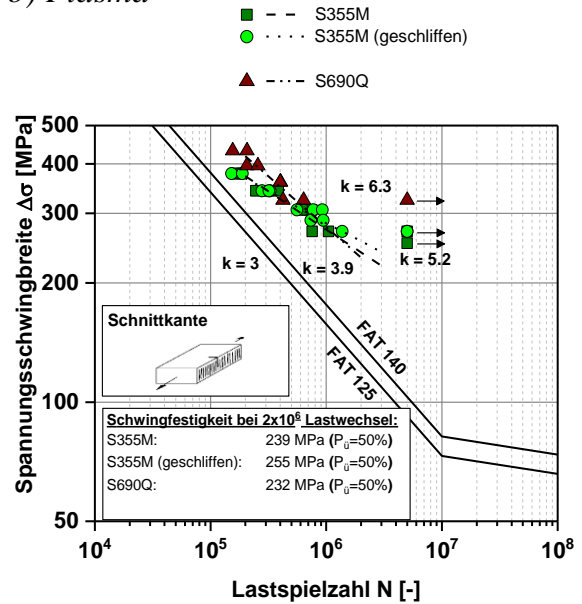
Material	Schneidverfahren (Oberflächenzustand)	Neigung	Log C	Stabw.	$\Delta \sigma$ (2E6) 50%	$\Delta \sigma$ (2E6) 97,7% T_s 1:1,5 Haibach	Rissausgang ¹⁾ [%]
S355M	Autogen	5.8	20.4	0.13	264	193	25/50/25
S355M	Autogen (gestrahlt)	9.8	30.7	0.15	309	227	8/85/7
S355M	Plasma	5.2	18.7	0.08	239	175	0/82/18
S355M	Plasma (geschliffen)	6.3	21.4	0.07	255	187	0/36/64
S355M	Laser	9.8	30.6	0.15	300	220	0/100/0
S355M	Laser (Vorschub reduziert)	12.3	37.5	0.14	338	248	0/100/0
S355M	Wasserstrahl	16.8	49.1	0.21	351	257	0/100/0
S355M	Wasserstrahl (Vorschub reduziert)	18.3	53.3	0.27	371	272	0/36/64
S690Q	Autogen	3.3	14.1	0.15	217	159	0/46/54
S690Q	Autogen (geschliffen)	2.9	12.9	0.13	208	152	0/13/87
S690Q	Plasma	3.9	15.5	0.07	232	170	20/80/0
S690Q	Laser	3.0	13.1	0.12	179	132	17/72/14
S690Q	Laser (Vorschub reduziert)	3.4	14.2	0.05	209	153	0/100/0
S690Q	Wasserstrahl	10.2	33.4	0.16	449	329	0/100/0
S690Q	Wasserstrahl (Vorschub reduziert)	11.4	37.1	0.13	504	369	0/86/14
1) Schnittfläche/Kante/Walzoberfläche							

Das Versagensverhalten eines Werkstoffs oder eines Bauteils und damit die Schwingfestigkeit werden mit Hilfe der Wöhlerlinie ausgewertet und veranschaulicht. Abb. 3 zeigt die Wöhlerlinien aller Proben untergliedert in die Schneidverfahren. Dort werden die Materialien sowie der unbehandelte und qualitätsverbesserte Zustand miteinander verglichen. Aufgetragen ist die Spannungsschwingbreite über der Lastspielzahl. Außerdem sind vergleichend die Verläufe der zuständigen FAT 125/140 nach den IIW-Empfehlungen aufgetragen, die für Bauteilauslegungen erangezogen werden.

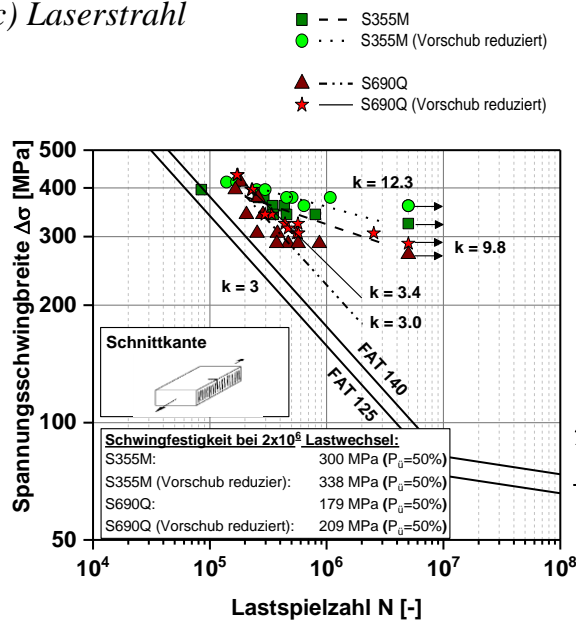
a) Autogen



b) Plasma



c) Laserstrahl



d) Wasserstrahl

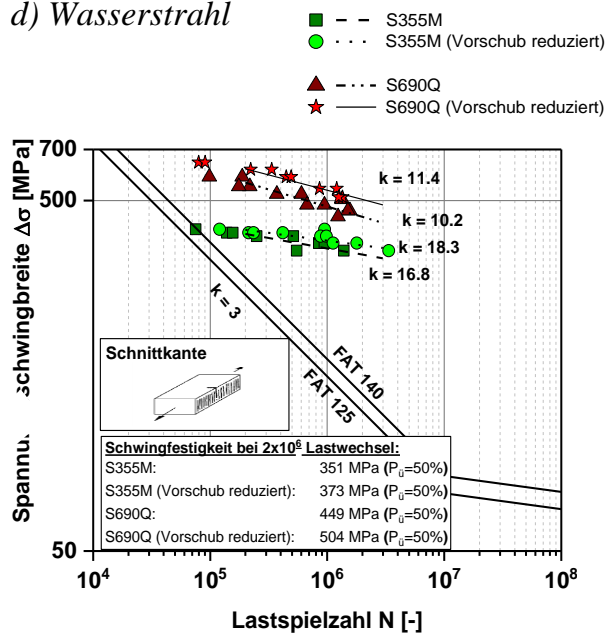


Abb. 3: Graphische Darstellung der Schwingfestigkeitsergebnisse in Form von Wöhlerlinien von a) autogen-, b) plasma-, c) laserstrahl-, d) wasserstrahlgeschnittenen Proben

Die Auswertung liefert eine WL mit $P_0 = 50\%$. Die charakteristische Neigung k der Kurve ist jeweils mit angegeben. Unten links sind die Schwingfestigkeiten bei 2 Millionen Lastwechseln mit $P_0 = 50\%$ dargestellt. Bis auf die autogengesechnittenen Proben des S60Q führen alle qualitätsoptimierenden Maßnahmen zur Verbesserung der Schwingfestigkeit. Die entsprechenden Wöhlerlinien liegen alle oberhalb der Wöhlerlinien der unbehandelten Proben. Auch die Neigung k ist größer und die Kurve

flacher. Es wird außerdem deutlich, dass alle Punkte der Wöhlerlinien oberhalb der FAT 140/125 – Klasse liegen. Dies ist jedoch mit Vorbehalt zu bewerten, da die FAT – Klassen für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_{\bar{U}} = 97,7\%$ angegeben werden.

Durch die Verwendung des normierten Streubands $T_S = 1:1,5$ nach Haibach [9] lassen sich die Ergebnisse auf eine Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_{\bar{U}} = 97,7\%$ umrechnen und mit den FAT-Klassen vergleichen. Eine Mittelspannungstransformation auf $R=0.5$ erfolgt nicht, da der Unterschied relativ gering ist. In Abb.4 ist die umgerechnete Schwingfestigkeit aller Versuche gegenübergestellt und die Grenzen für die FAT 140/160 eingezeichnet. Dabei wird die Schwingfestigkeitssteigerung der qualitätsoptimierten Proben nochmal deutlich. Das Reinigungsstrahlen, das Bandschleifen und auch die Vorschubreduzierung führen in der Regel zur Verbesserung der Schwingfestigkeit. Unter Berücksichtigung der Oberflächentopografie an der Schnittflächen ist zu sehen, dass sowohl das Reinigungsstrahlen als auch das Bandschleifen zu keiner Verbesserung der Schnittfläche in Bezug auf die Rautiefe führt.

Anhand der Bruchflächenanalyse konnten drei verschiedenen Rissausgangsorte identifiziert werden. Die Schnittfläche, der Kante sowie die Walzoberfläche. In Abb.5 sind diese Rissausgangsorte exemplarisch abgebildet. Tab.7. zeigt außerdem die prozentuale Verteilung der jeweiligen Ausgangsorte jeder Serie. Ein Großteil der Brüche werden von der Kante am Übergang von Walzoberfläche zur Schnittfläche initiiert, wie auch schon in andern Untersuchungen gezeigt, vgl. [10]

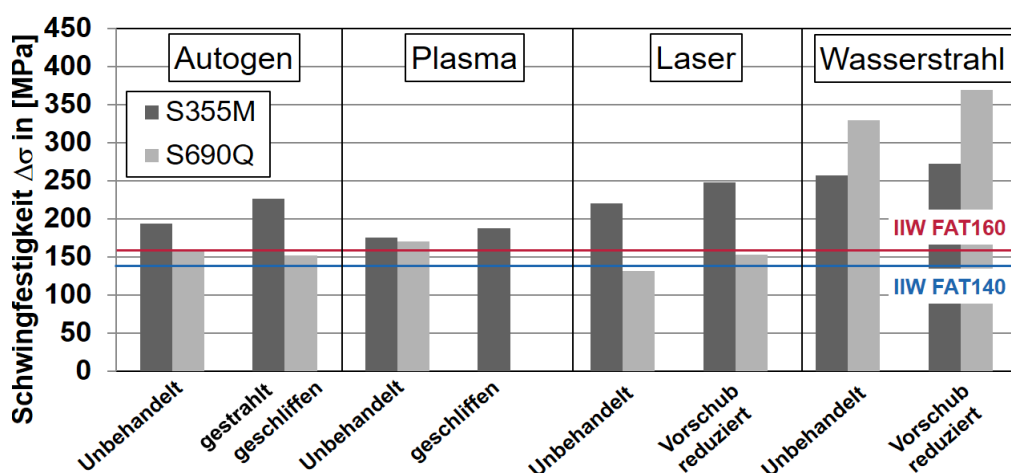


Abb.4: Schwingfestigkeit bei $N = 2$ Mio und einer Überlebenswahrscheinlichkeit $P_{\bar{U}} = 97,7\%$ unter Berücksichtigung des normierten Streubands $T_S = 1:1,5$ nach Haibach



Abb.5: Rissausgangsorte (Schnittfläche, Kante, Walzoberfläche)

4 Diskussion

In dieser Untersuchung wurde die Schwingfestigkeit von freien Schnittkanten analysiert sowie der Einfluss des Oberflächenzustands auf die Schwingfestigkeit überprüft. Als Merkmal für die Oberflächenbeschaffenheit wurden Rautiefenmessungen nach ISO 9013 durchgeführt. Die Schwingfestigkeitsuntersuchungen wurden unter konstanter Amplitude bei einem Spannungsverhältnis von $R = 0.1$ bei Verwendung unterschiedlicher Materialien, S355M und S690Q, durchgeführt. Als Schneidverfahren kamen das autogene Brenn-, das Plasma, das Laserstrahl- sowie das Wasserstrahlschneiden zum Einsatz. Außerdem wurden qualitätsverbessernde Maßnahmen, wie das Reinigungsstrahlen, das Bandschleifen sowie die Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit angewendet.

Durch die Verwendung der verschiedenen Schneidverfahren wurden unterschiedliche Schwingfestigkeiten erreicht. Die meisten Proben wurden dabei unbehandelt geprüft ohne die Schnittflächen anschließend zu bearbeiten oder die Kanten zu brechen. Nach den IIW Empfehlungen werden diese Schnittqualitäten in die FAT100 eingestuft. Alle Serien dieser Studie überschreiten diese FAT Klasse und können in die FAT 125 eingestuft werden. Proben die in Bezug auf die Rautiefe in die Ausführungsklasse 2 nach ISO 9013 eingestuft werden erreichen außerdem die FAT 140 unabhängig vom Schneidverfahren sowie Material.

Durch die Qualitätsverbesserung der Schnittoberfläche kann die Schwingfestigkeit verbessert werden. Das Reinigungsstrahlen sowie das Schleifen beim S690Q zeigen höhere Schwingfestigkeiten. Die Rautiefe der Schnittoberfläche ist hier nicht das kritische Merkmal, da durch die Nachbehandlung diese nicht verbessert wird. Mehr tragen die durch das Reinigungsstrahlen eingebrachten Druckeigenspannungen sowie das Ausbessern kleiner Oberflächenfehler, die als Ausgangspunkt für Ermüdungsrisse dienen können, zur Steigerung bei. [11] Die Schneidgeschwindigkeit wirkt sich direkt auf Rautiefe auf der Schnittkante aus. Durch eine Reduzierung der Schneidgeschwindig-

keit zeigt sich eine Reduzierung der Rautiefe auf der Schnittfläche. Dies führt zu einer Steigerung der Schwingfestigkeit in allen getesteten Versuchsserien. Das Verhalten kann mit einer Reduzierung der Fehlstellen auf der Schnittfläche erklärt werden. Trotzdem ist zu beachten, dass in den meisten Fällen der Riss nicht von der Schnittfläche sondern von der Kante zwischen Schnittfläche und Walzoberfläche initiiert wurde.

Bei den wasserstrahlgeschnittenen Proben führen hochfeste Stähle zur Steigerung der Schwingfestigkeit. Die maximale Defektgröße oder Kerbe ist hier so klein, dass die Verwendung von verschiedenen Materialien unterschiedliche Schwingfestigkeiten ergeben. Hier lässt sich die Rauheit an der Schnittfläche als kritischer Defekt für die Schwingfestigkeit definieren. Der Effekt, dass die Schwingfestigkeit mit zunehmender Grundwerkstofffestigkeit steigt, wird hier sichtbar.

5 Zusammenfassung

In dieser Studie wurde die Schwingfestigkeit von freien Schnittkanten an 8 mm dicken Proben aus S355M sowie S690Q analysiert. Dabei wurde der Einfluss der Oberflächenrauheit, als Qualitätsmerkmal der Schnittkanten nach ISO 9013, auf die Schwingfestigkeit untersucht. Zum Einsatz kamen die Verfahren autogenes Brennschneiden, Plasmaschneiden, Laserstrahlschneiden sowie Wasserstrahlschneiden. Die Schnittkantenqualität wurde durch Verwendung der Nachbehandlungsverfahren Reinigungsstrahlen und Bandschleifen sowie durch Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit variiert. Es konnte folgendes gezeigt werden:

- Das Wasserstrahlschneiden erzeugt Schnittkanten mit der höchsten Schwingfestigkeit und durch die Verwendung höherfester Stähle kann diese gesteigert werden.
- Alle Serien überschreiten die FAT 100 und können in die FAT125 eingeordnet werden. Bei einer Ausführungsklasse 2 nach ISO 9013 kann von einer FAT 140 ausgegangen werden.
- Eine Lebensdauervorhersage aufgrund der Oberflächenrauheit unabhängig vom Verfahren ist nicht möglich. Die Kante als Rissinitiierungsort muss hierbei näher analysiert werden.
- Die Qualitätsverbesserungsmaßnahmen haben Einfluss auf die Schwingfestigkeit und können diese steigern. Durch die Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit wird die Rautiefe verbessert und auch die Schwingfestigkeit steigt. Dass

eine Reduzierung der Schneidgeschwindigkeit auch zu einer Veränderung der Wärmebehandlung führt, bleibt hier unberücksichtigt.

Danksagung

Die vorgestellten Untersuchungen wurden von der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) im Vorhaben 18.789N „Bedeutung der Qualitätsmerkmale freier Schnittkanten nach DIN EN 1090 für deren Schwingfestigkeit unter Berücksichtigung von Eigenspannungen“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Hierfür sei herzlich gedankt.

Literatur

- [1] DIN EN 1090-2:2011: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken.
- [2] DIN EN ISO 9013:2015: Thermisches Schneiden – Einteilung thermischer Schnitte – Geometrische Produktspezifikation und Qualität.
- [3] DIN EN 1993: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1 – 9: Ermüdung, Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [4] Hobbacher, A.: Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components. Springer Verlag, Heidelberg 2016.
- [5] Diekhoff, P.; Hensel, J.; Nitschke-Pagel, T.; Dilger, K.: Fatigue strength of thermal cut edges – Influence of ISO 9013 quality groups, IIW Document XIII-2687-17, International Institute of Welding, Shanghai 2017.
- [6] DIN EN ISO 4288:1997: Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren, Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit.
- [7] Volk, R.: Rauheitsmessung Theorie und Praxis, DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; München, Beuth Verlag GmbH (2005).
- [8] DIN 50100:2015 Schwingfestigkeitsversuch – Durchführung und Auswertung von zyklischen Versuchen mit konstanter Lastamplitude für metallische Werkstoffproben und Bauteile.

- [9] Haibach, E.: Betriebsfestigkeit – Verfahren und Daten zur Bauteilberechnung. 3. Auflage Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 2006.
- [10] Lillemäe, I.; Linalampi, S.; Lehtimäki, E.; Remes, H.; Lehto, P.; Romanoff, J.; Ehlers, S.; Niemelä, A.: Fatigue strength of high strength steel after shipyard production process of plasma cutting, grinding and sandblasting, IIW Document XIII-2695-17, International Institute of Welding, Shanghai 2017.
- [11] Schütz, W.: Kugelstrahlen zur Verbesserung der Schwingfestigkeit von Bauteilen, Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 17, 53-61 VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim, 1986.

Autorenanschrift

Paul Diekhoff

Technische Universität Clausthal
Institut für Füge- und Schweißtechnik
Langer Kamp 8
38106 Braunschweig

Telefon: 0531-391 95514

Telefax: 0531-39195599

E-Mail: p.diekhoff@tu-bs.de